

AN: PAT 1995-383732

TI: Method of combusting fluidic fuel in air stream involves generating turbulence in air stream, into which fuel is introduced and air stream being pressurised

PN: DE4415916-A1

PD: 09.11.1995

AB: The combustion is introduced for a fluidic fuel (1) which is fed into an air stream (2) and mixed prior to combustion. A turbulence (3) is generated in the air stream prior to the fuel admixture. Pref. the air stream is pressurise. Typically the air stream is fed to a turbocompressor and is supplied to a turbine after conversion into a flue gas after the fuel combustion. The fuel may be mixed with the air stream in a homogeneous manner. The air-fuel mixt. may flow in a laminar manner through guide system (7-9).; For pre-mix burners in gas turbines. Provides improved combustion and reduced pollutant emission.

PA: (SIEI ) SIEMENS AG;

IN: SCHETTER B;

FA: DE4415916-A1 09.11.1995;

CO: DE;

IC: F23D-017/00; F23R-003/28;

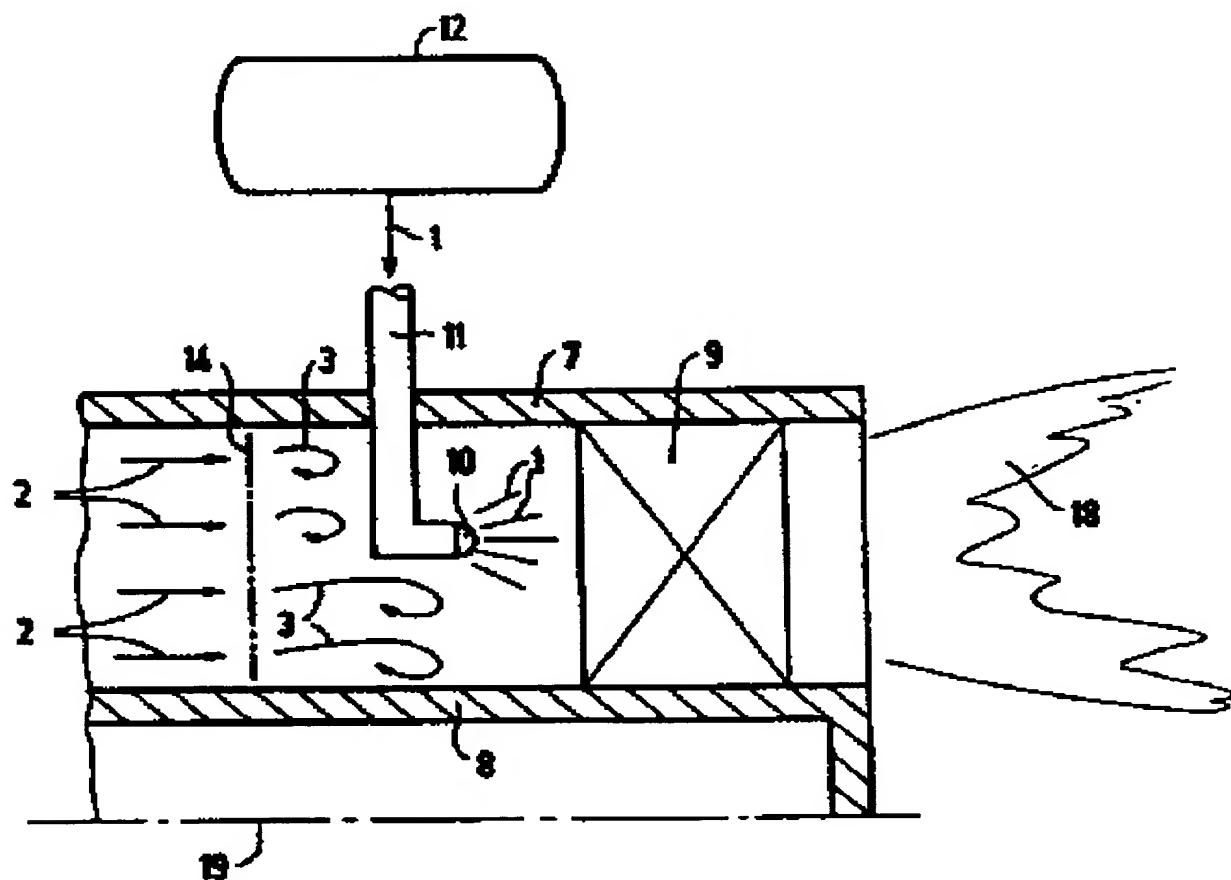
DC: Q73;

FN: 1995383732.gif

PR: DE4415916 05.05.1994;

FP: 09.11.1995

UP: 11.12.1995







⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 44 15 916 A1

⑯ Int. Cl. 6:  
F23D 17/00  
F 23 R 3/28

DE 44 15 916 A1

⑯ Aktenz. ichen: P 44 15 916.1  
⑯ Anmeldetag: 5. 5. 94  
⑯ Offenlegungstag: 9. 11. 95

⑯ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

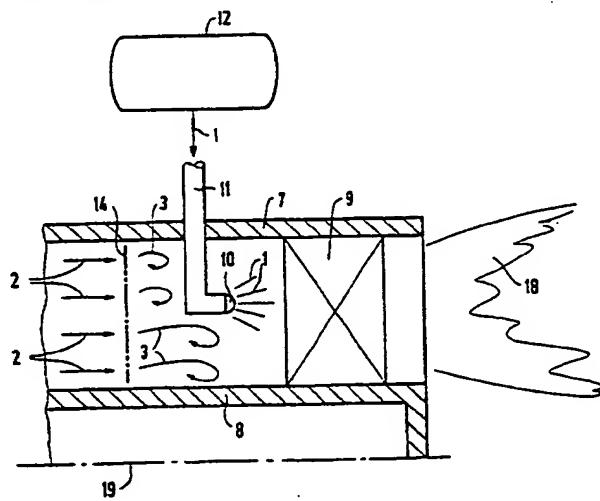
⑯ Erfinder:  
Schetter, Bernhard, Dr.-Ing., 45476 Mülheim, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-PS 7 68 049  
DE-AS 11 31 947  
DE 33 18 863 A1  
US 52 51 447  
EP 5 00 256 A1  
DE-AN: 8431/24c 10, v.4.2.54;

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs (1) in einem Luftstrom (2), wobei der Brennstoff (1) vor der Verbrennung in den Luftstrom (2) eingeleitet und eingemischt wird. Erfindungsgemäß werden in dem Luftstrom (2) Turbulenzen (3) erzeugt, und der Brennstoff (1) wird in diese Turbulenzen (3) eingeleitet. Hierdurch ergibt sich eine besonders homogene Verteilung des Brennstoffs (1) in dem Luftstrom (2). Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Führungseinrichtung (7, 8, 9) für den Luftstrom (2) und einer Zustelleinrichtung (10, 11, 12) für den Brennstoff (1) ist gekennzeichnet durch eine turbulenzzeugende Anordnung (13, 14, 15), die, in Richtung des Luftstroms (2) gesehen, vor der Zustelleinrichtung (10, 11, 12) in der Führungseinrichtung (7, 8, 9) angeordnet ist. Die Erfindung findet insbesondere Anwendung in einer Gasturbine.



DE 44 15 916 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 09. 95 508 045/323

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs in einem Luftstrom, wobei der Brennstoff vor der Verbrennung in den Luftstrom eingeleitet und eingeschüttet wird.

Ein derartiges Verfahren zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs findet Anwendung in einem so genannten Vormischbrenner, in dem zunächst zu verbrennender Brennstoff und Luft miteinander vermischt werden und das entstandene Gemisch erst mit gewissem zeitlichem Abstand nach der Mischung gezündet wird. Ein solches Verfahren ist insbesondere von Vorteil bei einem Verbrennungsprozeß, im Rahmen dessen Rauchgas mit einer Temperatur von mehr als 1000°C, insbesondere Temperaturen bis 1400°C und darüber, entsteht. Das vorherige Einmischen des Brennstoffs in den Luftstrom vermeidet das Entstehen lokaler Übertemperaturen, die insbesondere die Entstehung von Schadstoffen wie Stickoxiden fördern könnten. Mit einem Verfahren, bei dem vor der Verbrennung zunächst Luft und Brennstoff miteinander vermischt werden, wird grundsätzlich eine gleichmäßige Temperaturverteilung unter Vermeidung lokaler Temperaturmaxima angestrebt. Dadurch kann insbesondere die Erzeugung von Stickoxiden und auch die Belastung von Führungseinrichtungen, in denen die Luft, der Brennstoff und das entstehende Rauchgas geführt werden, gering gehalten werden.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Verfahren und Vorrichtungen zur Anwendung in Gasturbinenanlagen, wo die Verhältnisse zusätzlich schwierig sind aufgrund der Tatsache, daß die Verbrennung unter einem erhöhten Druck stattfinden muß.

Verbrennungseinrichtungen, insbesondere Vormischbrenner, sind beschrieben in der EP 0 193 838 B1, dem US-Patent Re. 33 896, der EP 0 276 696 B1, dem US-Patent 5,062,792, der WO 92/19913 A1 und, in gegenüber den vorerwähnten Schriften abgewandelter Form, der EP 0 210 462 A1, der EP 0 321 809 A1 und der EP 0 483 554 A1.

Brennkammern, in denen insbesondere die soeben erwähnten Brenner Einsatz finden können, sowie Heißgaskanäle zum Einsatz in Gasturbinen gehen hervor aus der EP 0 224 817 B1, dem US-Patent 4,749,029, der WO 92/01891 A1, der WO 93/10401 A1 und, wiederum in gegenüber den soeben erwähnten Schriften leicht abgewandelter Form, der EP 0 481 111 A1 und der EP 0 489 193 A1.

Eine Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs wie z. B. Heizgas, insbesondere ein Vormischbrenner, zur Bereitstellung von Rauchgas in einer Gasturbine muß vielzähligen Anforderungen genügen. So muß ein sicherer und vollständiger Umsatz des Brennstoffs gewährleistet sein, auch und insbesondere bei erhöhten und womöglich veränderlichen Werten von Druck und Temperatur in dem zur Verbrennung bereitgestellten Luftstrom; dies nicht zuletzt aus Emissionsschutzgründen, da bei unvollständigem Umsatz des Brennstoffs Kohlenmonoxid und/oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe in dem Rauchgas auftreten können. Weiterhin muß die Entstehung von Stickoxiden weitgehend vermieden werden, ebenfalls aus Emissionsschutzgründen. Im Hinblick auf sicheren Betrieb und geringe Abnutzung muß nach Möglichkeit ein Rückschlag der Verbrennung in die Vorrichtung hinein vermieden werden, weil solches insbesondere unter den Bedingungen,

die in einer Gasturbine herrschen, zur Beschädigung des Brenners und der Turbine führen könnte. Darüber hinaus gibt es insbesondere im Zusammenhang mit einem geplanten Einsatz in einer Gasturbine strenge Anforderungen an die räumliche Kompaktheit der Vorrichtung, da der für Verbrennungseinrichtungen zur Verfügung stehende Platz naturgemäß eng begrenzt ist; im Regelfall ist daher ein Kompromiß im Hinblick auf die trotz räumlicher Enge notwendige Gewährleistung guter Strömungsbedingungen für den Luftstrom bei gleichzeitig zufordernder hoher thermischer Leistung der Verbrennung zu finden.

Bei einer ausgesprochenen Hochtemperaturanwendung, d. h. bei einer Verbrennung, die mittlere Temperaturen deutlich oberhalb von 1000°C erreicht, insbesondere Temperaturen von 1400°C bis 1600°C und womöglich darüber hinaus, stellen sich die angeführten Probleme in besonderer Weise. Insbesondere verschärft sich bei hohen Temperaturen das Problem der Vermeidung einer Bildung von Stickoxid, da hohe Temperaturen eine Verlagerung des Reaktionsgleichgewichts zwischen Stickstoff und Sauerstoff einerseits und Stickoxid andererseits hin zum Stickoxid begünstigen. Dies ist von Bedeutung insbesondere dann, wenn für ein trockenes Rauchgas Gehalte an Stickoxiden unter 25 ppm, bei einem Gehalt an Sauerstoff von 15%, gefordert sind. Verschärft wird auch das Problem der Rückschlagsicherheit, weil hohe Temperaturen eine Selbstzündung des Brennstoffs begünstigen. Liegt die Temperatur des Luftstroms hoch genug, so kann sie bereits eine deutlich von Null verschiedene statistische Wahrscheinlichkeit für einen Rückschlag der Verbrennung bedingen.

Die Erfindung beruht auf der Aufgabe, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch weiterzubilden, daß eine allen vorgenannten Anforderungen in besonderer Weise gerecht werdende Verbrennung realisiert wird.

Das zur Lösung dieser Aufgabe angegebene erfindungsgemäße Verfahren zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs in einem Luftstrom, wobei der Brennstoff vor der Verbrennung in den Luftstrom eingeleitet und eingemischt wird, zeichnet sich dadurch aus, daß in dem Luftstrom Turbulenzen erzeugt werden und der Brennstoff in diese Turbulenzen eingeleitet wird.

Die zur Lösung dieser Aufgabe angegebene erfindungsgemäße Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs in einem Luftstrom, wobei der Brennstoff vor der Verbrennung in den Luftstrom eingeleitet und eingemischt wird, die eine Führungseinrichtung für den Luftstrom sowie eine Zustelleinrichtung für den Brennstoff aufweist, ist ausgezeichnet durch eine turbulenzzeugende Anordnung, die, in Richtung des Luftstroms gesehen, vor der Zustelleinrichtung in der Führungseinrichtung angeordnet ist.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß die bisher zur Einmischung eines Brennstoffs in einen Luftstrom bereitgestellte Energie, die im wesentlichen allein die kinetische Energie des in den Luftstrom eingeleiteten Brennstoffs ist, zur Gewährleistung einer ausreichend guten Durchmischung von Luftstrom und Brennstoff unter Umständen nicht ausreichend ist. Durch die Bildung von Turbulenzen in dem Luftstrom, wofür in einer Führungseinrichtung zur Führung des Luftstroms eine entsprechende turbulenzzeugende Anordnung vorzusehen ist, wird zusätzliche Energie für die Durchmischung aus dem Luftstrom selbst herangezogen und zur Erzielung einer guten Vermischung des Brennstoffs mit dem Luftstrom ausgenutzt. Darüber hinaus er-

schließt die Erfindung eine Möglichkeit zur gezielten Homogenisierung des Luftstroms selbst, da mit der gezielten Erzeugung von Turbulenzen das unkontrollierte Entstehen von Wirbeln in dem Luftstrom, und damit das Entstehen von Rückströmgebieten, die einen Rückschlag der Verbrennung geradezu herausfordern, verhindert werden kann. Auf diese Weise kann auch der Einfluß gewisser störender Randbedingungen, beispielsweise einer unter hydrodynamischen Gesichtspunkten unvorteilhaften Führung des Luftstroms aufgrund begrenzter Platzverhältnisse, verhindert oder gar beseitigt werden.

Bevorzugtermaßen findet das erfundungsgemäße Verfahren Anwendung im Zusammenhang mit einem Luftstrom, der unter einem gegenüber einem Normaldruck vorunter ein normaler Umgebungsdruck zu verstehen ist, wesentlich höheren Druck steht. Dies ist insbesondere der Fall in einer Gasturbine, wo der Luftstrom einem Turbokompressor entströmt und, nach Umwandlung in einen Rauchgasstrom durch Verbrennung des Brennstoffs, einer Turbine zugeführt wird. Damit ist die Anwendung der Erfindung in einer Gasturbine erschlossen.

Besonders bevorzugt ist es, das Verfahren bzw. die Vorrichtung, in der es abläuft, so auszustalten, daß der Brennstoff homogen in den Luftstrom eingemischt wird. Auf diese Weise entsteht bei der Verbrennung eine weitgehend gleichmäßige Temperaturerhöhung, das Entstehen lokaler Übertemperaturen wird vermieden, und damit wird einer erhöhten Stickoxidemission wirksam vorgebeugt. Die Vermeidung lokaler Übertemperaturen ist auch von Bedeutung im Hinblick auf die Belastung aller Komponenten, die in Kontakt mit dem Rauchgas treten müssen; eine unkontrollierte thermische Überbelastung dieser Komponenten kann bei homogener Einnässung des Brennstoffs in den Luftstrom weitgehend verhindert werden.

Im Rahmen einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der mit dem Brennstoff durchmischte Luftstrom von einer Führungseinrichtung geführt und strömt an dieser weitgehend laminar, d. h. ohne wesentliche Erzeugung von Turbulenzen in Grenzschichten in der Nähe der Oberfläche jeder von dem Luftstrom überstrichenen Komponente, entlang. Im Rahmen dieser Ausgestaltung wird in besonderer Weise Gebrauch gemacht von der Tatsache, daß die kontrollierte Erzeugung gewisser Turbulenzen die Entstehung größerer Wirbel, welche insbesondere zu Ablösungen der Grenzschichten an überströmten Komponenten und damit zu nicht-laminarer Strömung, verhindern kann. Im Rahmen dieser Ausgestaltung wird ein besonders einfaches Strömungsprofil gewährleistet, welches insbesondere einer zuverlässigen theoretischen Be- trachtung zugänglich ist und damit die gezielte Anwendung theoretischer Modelle bei der Auslegung und Konstruktion einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens erlaubt.

Der Brennstoff, der im Rahmen des Verfahrens Einsatz findet, ist vorzugsweise ein brennbares Gas, also ein Heizgas, und ist insbesondere Erdgas oder Kohlegas, d. h. ein durch Vergasung von Kohle gewonnenes Produkt. Dies bedeutet selbstverständlich nicht, daß die Anwendung des Verfahrens im Zusammenhang mit flüssigem Brennstoff, insbesondere Heizöl, als unvorteilhaft oder gar ausgeschlossen betrachtet wird.

In der erfundungsgemäßen Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs weist die turbulenz- erzeugende Anordnung vorzugsweise eine Anordnung

mit einer Mehrzahl stumpfer Strömungshindernisse auf, an deren jedem eine gewisse Turbulenz in dem Luftstrom entsteht. Als solche Strömungshindernisse kommen insbesondere Stäbe oder Scheiben in Frage.

Weiterhin bevorzugt ist es, daß die turbulenz- erzeugende Anordnung ein von dem Luftstrom zu durchsetzendes Gitter aufweist, welches als Anordnung von Stäben, als Lochblech, als Sieb oder ähnliches ausgebildet sein kann.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung ist insbesondere ein Bestandteil einer Verbrennungsanlage in einer Gasturbine; insbesondere ist die Vorrichtung ein Bestandteil eines Vormischbrenners.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnung erläutert. Zur Herausstellung bestimmter Merkmale ist die Zeichnung teilweise schematisiert und/oder leicht verzerrt ausgeführt. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs;

Fig. 2 und Fig. 3 Teilansichten anderer Ausführungsformen;

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel, als Bestandteil einer Gasturbine.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung hat eine Anordnung aus einem Innenrohr 8 und einem dieses bezüglich einer Achse 19 koaxial umgebendes Außenrohr 7. Zwischen dem Innenrohr 8 und dem Außenrohr 7 tritt der Luftstrom 2 parallel zur Achse 19 in die Vorrichtung ein. An einem Gitter 14 werden in dem Luftstrom 2 Turbulenzen 3 erzeugt und in diese Turbulenzen 3 hinein wird der Brennstoff 1 injiziert. Auf diese Weise wird eine intensive Vermischung des Brennstoffs 1 mit dem Luftstrom 2 erreicht und eine gleichmäßige Verbrennung gesichert. Der mit dem Brennstoff 1 versetzte Luftstrom 2 gelangt zu einer Anordnung mit Drallschaufeln 9 (nur eine ist sichtbar), wo ihm ein Drall bezüglich der Achse 19 versetzt wird. Dies ist von Bedeutung zur Gewährleistung einer stabilen Flamme 18, in der der Brennstoff 1 verbrennt, und dient nicht zuletzt dem Fernhalten der Flamme 18 vom Inneren der Vorrichtung. Der Brennstoff 1 gelangt zu der Vorrichtung aus einem Vorrat 12, von wo er mittels nicht dargestellter Fördereinrichtungen über Zuleitungen 11 (nur eine ist sichtbar) Düsen 10 zugeführt wird. Aus jeder Düse 10 gelangt der Brennstoff 1 in den turbulenten Luftstrom 2.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch eine Vorrichtung nach Art der in Fig. 1 gezeigten, wobei die Blickrichtung dem Luftstrom 2 entgegengesetzt ist. Sichtbar sind ein zwischen dem Innenrohr 8 und dem Außenrohr 7 angeordnetes Gitter 14, welches die gewünschten Turbulenzen erzeugt, sowie Zuleitungen 11 und Düsen 10 für den Brennstoff. Die Achse 19 erscheint als Kreuz.

Fig. 3 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel für eine turbulenz-erzeugende Anordnung 13, 15, wobei zur Bildung der Turbulenzen Platten 15 dienen, die etwa senkrecht zu dem Luftstrom 2 ausgerichtet und mit Stäben 13, die ihrerseits ebenfalls zur Bildung von Turbulenzen beitragen, an dem Außenrohr 7 befestigt sind.

Fig. 4 zeigt die Einbildung der erfundungsgemäßen Vorrichtung, die ausgestaltet ist als Vormischbrenner 17, in eine Gasturbine. Die Gasturbine hat einen Turbokompressor 4, der den komprimierten Luftstrom 2 erzeugt, eine Brennkammer 16, der der Luftstrom 2 zugeführt und in der dieser durch Verbrennung des Brennstoffs 1 in einen Rauchgasstrom 5 umgewandelt wird, und eine Turbine 6, die mit dem Rauchgasstrom 5 beaufschlagt wird. Die Turbine 6 treibt den Turbokompressor

4 an. Der Vormischbrenner 17 ist wiederum aufgebaut als bezüglich der Achse 19 koaxiale Anordnung mit einem Außenrohr 7 und einem Innenrohr 8, wobei eine Führungseinrichtung für den Luftstrom 2 gebildet ist von dem Außenrohr 7, dem Innenrohr 8 sowie zwischen diesen angeordneten Drallschaufeln 9. Jede Drallschaufel 9 trägt eine Vielzahl von Düsen 10 zur Zustellung des Brennstoffs 1 zu dem Luftstrom 2. Hinter dem Vormischbrenner 17 wird das Gemisch aus Brennstoff und Luft durch nicht dargestellte Mittel entzündet und verbrennt zu dem Rauchgasstrom 5. Vor den Drallschaufeln 9 angeordnet ist eine Mehrzahl von Platten 15, wobei die gewünschten Turbulenzen 3 in dem Luftstrom erzeugt werden. Diese Turbulenzen 3 erstrecken sich bis über die Drallschaufeln 9 und bewirken somit eine weitgehend homogene Einmischung des Brennstoffs 1 in den Luftstrom 2. Der Übersicht halber dargestellt ist nur eine einzige Brennkammer 16 mit einem einzigen Vormischbrenner 17. Es sei bemerkt, daß in tatsächlich ausgeführten Gasturbinen vielfach wesentlich komplexe Verbrennungsanlagen realisiert werden, insbesondere mit mehrzähligen Brennkammern 16, wobei in einer Brennkammer oftmals mehrere Vormischbrenner 17 vorgesehen sind.

Die Funktion der in der Zeichnung dargestellten Anordnungen und Vorrichtungen ist bereits eingehend erläutert worden, so daß sich an dieser Stelle ein weiteres diesbezügliches Eingehen erübrigt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist besonders geeignet für einen Verbrennungsprozeß, bei dem sehr hohe Temperaturen auftreten, und sie erlaubt die Realisierung einer Verbrennung, bei der in dem erzeugten Rauchgasstrom eine weitgehend homogene Temperaturverteilung erreicht wird. Die Anforderungen an den zur Realisierung notwendigen Platz sind gering, und die Vorrichtung kann gewisse Nachteile, die sich aus einer vorgegebenen räumlichen Enge ergeben könnten, vermindern oder vollständig aufheben. Die Vorrichtung ist besonders geeignet zum Einsatz in Gasturbinen.

#### Patentansprüche

40

1. Verfahren zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs (1) in einem Luftstrom (2), wobei der Brennstoff (1) vor der Verbrennung in den Luftstrom (2) eingeleitet und eingemischt wird, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Luftstrom (2) Turbulenzen (3) erzeugt werden, und der Brennstoff (1) in diese Turbulenzen (3) eingeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Luftstrom (2) unter einem gegenüber einem Normaldruck wesentlich höheren Druck steht.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Luftstrom (2) einem Turbokompressor (4) entströmt und, nach Umwandlung in einen Rauchgasstrom (5) durch Verbrennung des Brennstoffs (1), einer Turbine (6) zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Brennstoff (1) weitgehend homogen in den Luftstrom (2) eingemischt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der mit dem Brennstoff (1) durchgemischte Luftstrom (2) von einer Führungseinrichtung (7, 8, 9) geführt wird und an dieser weitgehend laminar entlangströmt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Brennstoff (1) ein brennbares Gas, insbesondere Erdgas oder Kohlegas, ist.

7. Vorrichtung zur Verbrennung eines fließfähigen Brennstoffs (1) in einem Luftstrom (2), wobei der Brennstoff (1) vor der Verbrennung in den Luftstrom (2) eingeleitet und eingemischt wird, mit einer Führungseinrichtung (7, 8, 9) für den Luftstrom (2) sowie einer Zustelleinrichtung (10, 11, 12) für den Brennstoff (1), gekennzeichnet durch eine turbulentzerzeugende Anordnung (13, 14, 15), die, in Richtung des Luftstroms (2) gesehen, vor der Zustelleinrichtung (10, 11, 12) in der Führungseinrichtung (7, 8, 9) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der die turbulentzerzeugende Anordnung (13, 14, 15) eine Anordnung mit einer Mehrzahl stumpfer Strömungshindernisse (13, 15) aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, bei der die turbulentzerzeugende Anordnung (13, 14, 15) ein von dem Luftstrom (2) zu durchsetzendes Gitter (14) aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, welche ein Bestandteil einer Verbrennungsanlage (16, 17) in einer Gasturbine (4, 6, 16, 17) ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, welche ein Bestandteil eines Vormischbrenners (17) ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- L e r s e i t e -

6

7

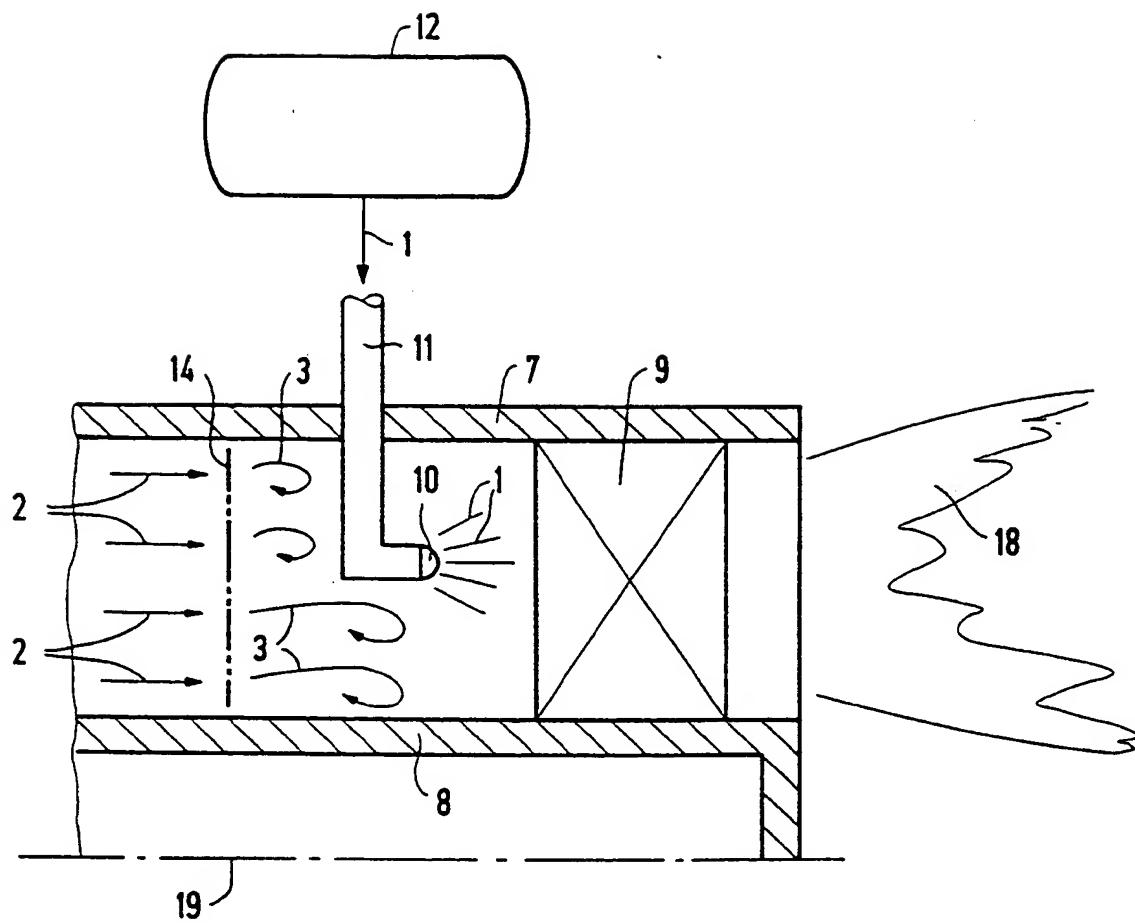


FIG 1

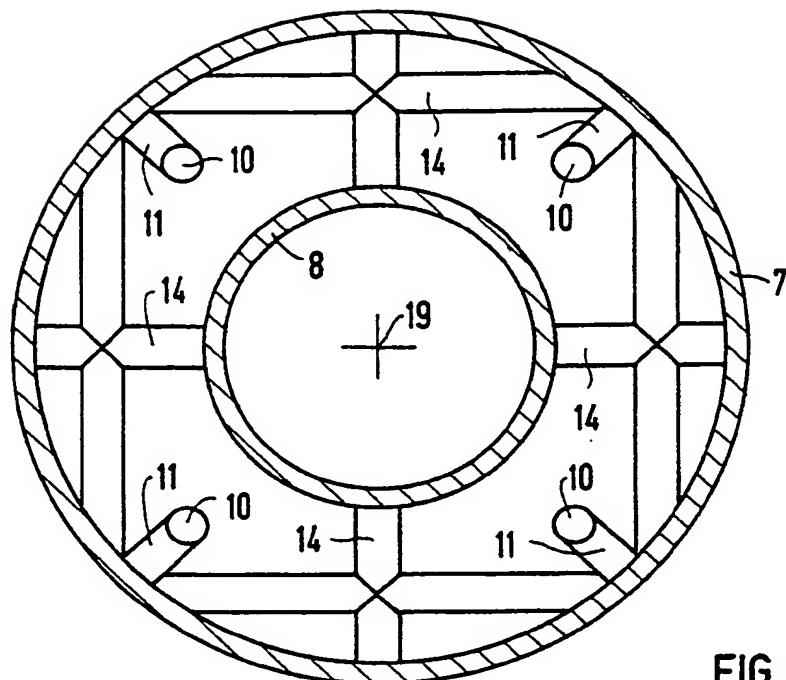


FIG 2

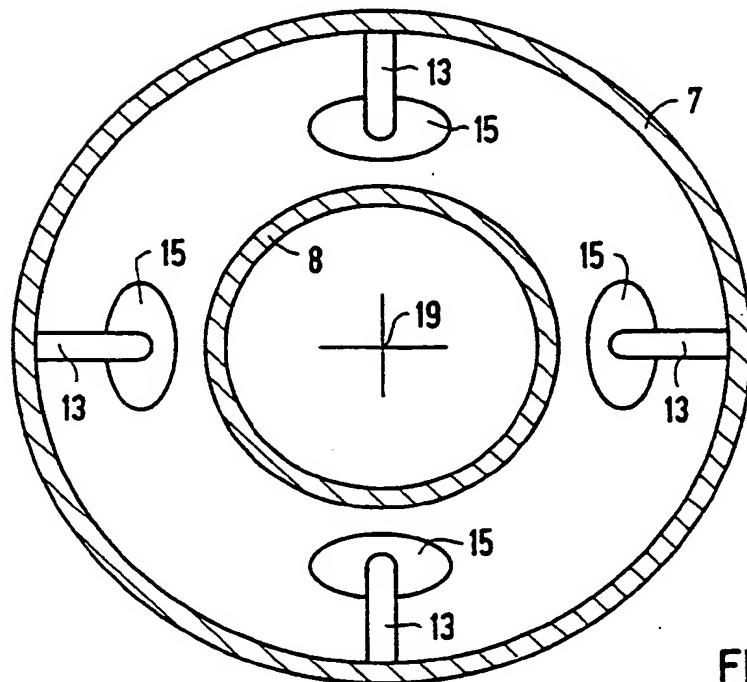


FIG 3

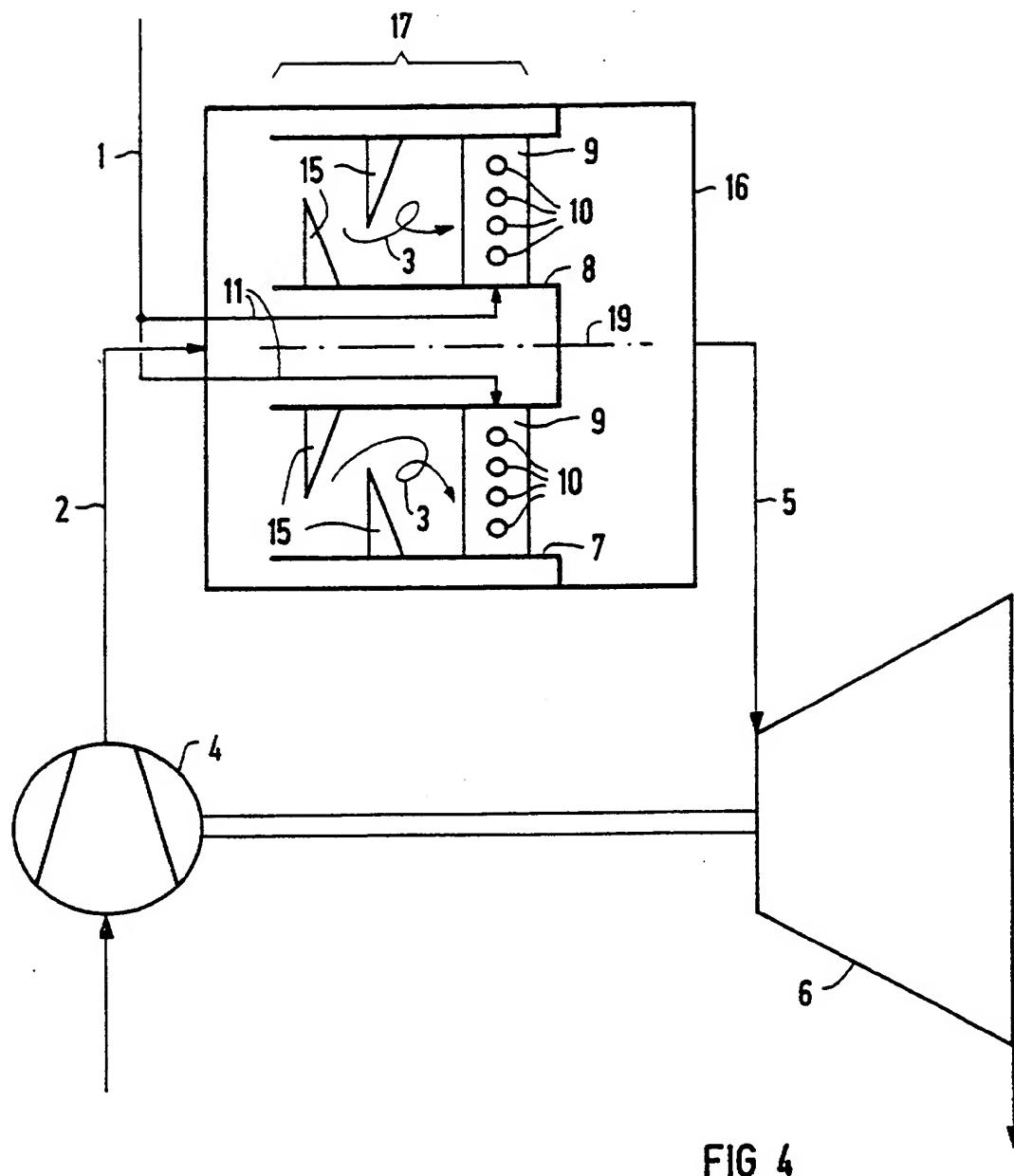


FIG 4